

Pemanfaatan Zeolit di Bidang Pertanian

Astiana Sastiono

Staf Pengajar Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus Darmaga IPB, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB-Bogor 16680,
Telp. 0251-629360, Fax. 629358, soilipb@indo.net.id

ABSTRAK

Sifat-sifat kimia fisik yang dimiliki oleh mineral zeolit tidak hanya dapat dimanfaatkan sebagai penyerap hara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, akan tetapi dapat dipergunakan pula sebagai campuran kompos untuk media tumbuh tanaman maupun pengatur kadar air kompos. Kemampuan zeolit ini banyak dimanfaatkan di bidang pertanian terutama dalam peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen. Banyak cara telah dilakukan untuk meminimalisasi kehilangan amonia dari pupuk nitrogen, salah satu alternatif untuk tujuan tersebut dipergunakan zeolit melalui pembuatan pupuk penyedia lambat. Sebagai mineral yang memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi, zeolit memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi ion amonium sehingga mampu meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen dengan cara mencampur zeolit dengan pupuk maupun diberikan langsung ke dalam tanah. Penggunaan zeolit-urea-tablet pada tanaman padi pada beberapa daerah Jawa Barat menunjukkan peningkatan produksi dan efisiensi pupuk nitrogen. Penggunaan zeolit sebagai media tanaman sayuran menunjukkan hasil yang cukup baik, selain itu zeolit juga dapat mengurangi pengambilan logam-logam berat dari rantai makanan. Dengan hasil di atas, zeolit dapat berperan untuk meningkatkan produksi pertanian.

Kata kunci: Zeolit, ion amonium, pupuk nitrogen.

ABSTRACT

APPLICATION OF ZEOLITE IN AGRICULTURE. *Chemical and physical characteristic of zeolite are use not only as nutrient absorber to increases fertilizer efficiency, but also as compost mixing for plant growth media or compost humidity regulator. This agriculture advantages specially to increases nitrogen fertilizer efficiency. Many efforts carried out to minimize ammonia lost from nitrogen fertilizer, one of the alternatives is using zeolite through the process of making slow release fertilizer. As a mineral with the high rate of cation exchange capacity, zeolite have the ability to absorb ammonium ion, so it will increases nitrogen fertilizer efficiency by mixing zeolite with fertilizer or spreading zeolite into the fields. Zeolite urea capsules use on paddy plant on several regions on West Java showing production increasing and nitrogen fertilizer efficiency increases. Zeolite use as vegetables plant media showing a quite well result. Furthermore zeolite reduces heavy metal take over from the food chain. With these results zeolite have a big role in increasing agriculture production.*

Keywords: Zeolite, ammonium, nitrogen fertilizer.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan pangan pada tahun 2000 di Asia Tenggara meningkat dengan pesat. Menurut FAO, dalam perhitungan yang dianalisis dari 90 negara berkembang untuk tahun 2000 dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 3,7 persen/tahun, maka dibutuhkan laju keperluan pupuk sebesar 8,5 persen diikuti dengan keperluan sarana-sarana input yang mendukung untuk dapat memenuhi kebutuhan akan pangan.

Gambaran perkembangan yang diperoleh sejak 20 tahun yang lalu produksi pupuk telah menunjukkan perkembangan yang menyolok dan macam pupuk yang diproduksi juga bertambah. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk merupakan sarana yang cukup penting dalam peningkatan produksi pertanian yang dapat memberikan keuntungan bagi petani. Dalam rangka pembangunan pertanian di Indonesia serta menunjang swasembada pangan, maka diperlukan suatu kebijakan pemupukan secara nasional yang terpadu untuk dapat meningkatkan produktivitas lahan serta produksi komoditas pertanian yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat luas.

Pupuk merupakan sarana produksi yang dapat mempengaruhi seluruh kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan pupuk di Indonesia umumnya bertitik berat pada pupuk N, P, dan K, akan tetapi efisiensi nitriogen sangat rendah (dari berbagai penelitian diketahui hanya sekitar 30-40%), sedangkan kehilangan unsur P dan K dari areal pertanian masih dapat diatasi dibandingkan dengan nitrogen. Dengan adanya pengurangan subsidi pupuk oleh pemerintah maka diperlukan upaya efisiensi dalam penggunaan pupuk antara lain dengan memanfaatkan bahan-bahan alami yang dapat meningkatkan efisiensinya, diantaranya yaitu dengan menggunakan bahan mineral zeolit yang terdapat cukup banyak di Indonesia.

1. Mineral Zeolit

Mineral zeolit termasuk kedalam golongan mineral tektosilikat, yaitu senyawa silikat yang strukturnya merupakan hidroksi alumina silikat, dimana atom-atom oksigen

yang mengelilingi baik atom Si ataupun atom Al membentuk jaringan tiga dimensi (Mumpton, 1984). Sifat-sifat khas yang dimiliki oleh zeolit diantaranya sebagai penyerap dan penyaring molekul, penukar ion dan kemampuan pertukaran yang tinggi serta selektivitas tertentu terhadap kation. Kation-kation yang terdapat di dalam rongga mineral zeolit tidak terikat kuat dalam kerangka kristalnya, sehingga dapat dipertukarkan dengan mudah. Hal inilah yang menyebabkan kapasitas tukar kation mineral zeolit relatif tinggi. Kapasitas tukar kation mineral zeolit dapat berkisar antara 80-200 meq/100g tergantung kepada jenis dan kemurniannya. Sifat pertukaran kation mineral zeolit terutama selektivitas dan kapasitas pertukarannya sangat ditentukan oleh struktur kristalnya. Kerusakan struktur kristal mineral zeolit menyebabkan kemampuannya sebagai penukar kation yang baik atau kemampuan penyerapan kation akan menurun. Hal ini harus menjadi perhatian pada perlakuan aktivasi pemanasan dimana suhu yang terlalu tinggi akan merusakkan struktur kristalnya.

Penelitian mengenai prospek pemanfaatan mineral zeolit untuk pertanian dan pengolahan air telah banyak dilakukan di Jepang dan Amerika Serikat dengan hasil memuaskan. Penggunaan mineral zeolit secara intensif di bidang pertanian telah dimulai di Jepang pada tahun 1960 dengan menggunakan bubuk mineral zeolit untuk meningkatkan pH tanah pada tanah vulkanis masam dan untuk meningkatkan retensi nitrogen. Selain itu mineral zeolit di Jepang juga dipergunakan untuk menjaga kelembaban tanah (*soil conditioner*) (Goto and Ninaki, 1979). Pemberian mineral zeolit untuk meningkatkan produktivitas tanah-tanah pertanian telah memberi pengaruh nyata terhadap kenaikan produksi tanaman pangan dan tanaman hortikultura (Barbarick and Pirela, 1994).

Penelitian penggunaan zeolit di Indonesia sebenarnya sudah dilakukan pada tahun 1980. Penelitian ini dilakukan baik oleh perguruan tinggi ataupun kelompok kerja dari instansi-instansi pemerintah yang dibantu oleh beberapa ahli dari luar negeri. Aktivitas yang dilakukan antara lain adalah: identifikasi mineral yang ada, proses pengolahan ataupun aplikasi di berbagai bidang, antara lain pertanian dan sektor industri. Faktor penghambat aplikasi zeolit

di Indonesia terutama adalah kualitas zeolit, dimana zeolit mempunyai perbedaan fisik yang disebabkan oleh perbedaan lingkungan pembentukannya. Kualitas zeolit akan mempengaruhi pada potensi penggunaannya. Kadar mineral zeolit yang tinggi dipakai pada sektor industri. Industri lokal pada umumnya hanya mempergunakan teknik pengolahan yang sederhana di dalam meningkatkan mutunya, sehingga kebutuhan zeolit dipenuhi dengan impor dari negara-negara maju dengan mempergunakan berbagai nama dagang. Kenyataan di atas merupakan tantangan bagi pertambangan untuk menginventarisasi potensi endapan zeolit di Indonesia serta mengidentifikasi kualitas bahan tersebut.

2. Penggunaan Zeolit di Bidang Pertanian

Kontribusi zeolit di Indonesia dalam menunjang pembangunan pada sektor pertanian sangat penting, Kebutuhan pangan baik secara kuantitas maupun kualitas hanya dapat diperoleh dengan intensifikasi pertanian. Berdasarkan sifat dan karakteristik yang dimiliki bahan mineral ini terutama kapasitas tukar kation dan retensivitas terhadap air yang cukup tinggi. Zeolit telah banyak dipergunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah baik secara fisik maupun secara kimiawi. Fungsi zeolit dalam hal ini adalah: sebagai bahan amelioran, *soil conditioner* (pemantap tanah), pembawa pupuk, pengontrol pelepasan ion NH_4^+ dan K^+ (sebagai *slow release fertilizer*) dan menjaga kelembaban tanah. Pengaruh zeolit terhadap sifat fisik akan jelas terlihat pada tanah-tanah yang bertekstur kasar (pasir), dimana retensi terhadap unsur hara ataupun air akan meningkat.

Bahan mineral zeolit pada saat ini di bidang pertanian banyak dipergunakan sebagai campuran media tanam dan campuran bahan pupuk terutama pupuk nitrogen. Rendahnya efisiensi pupuk nitrogen disebabkan oleh mudahnya menguap, tercuci dan terbawa aliran air permukaan, dan terfiksasi oleh mineral liat. Kemudahan pupuk ini untuk larut mengakibatkan pelepasan pupuk yang terlalu cepat. Laju kehilangan ini diperbesar dan dipercepat pula oleh metode aplikasi pupuk yang umumnya dilakukan dengan cara disebar.

Efisiensi pengambilan nitrogen dari pupuk oleh tanaman padi yang diberikan pada lapisan reduktif tanah dapat mencapai 68%, sedangkan bila diberikan secara sebar dipermukaan tanah efisiensinya hanya 27%. Peningkatan efisiensi pemupukan ini dapat dilakukan antara lain dengan memperbaiki teknik aplikasi pemupukan dan perbaikan sifat fisik dan kimia pupuk melalui perubahan sistem kelarutan hara, bentuk dan ukuran pupuk serta formulasi kadar hara pupuk.

Melalui usaha tersebut diharapkan kelarutan dan pelepasan hara dapat lebih diatur, sehingga faktor kehilangan hara dapat dikurangi dan pencemaran terhadap lingkungan relatif kecil.

2.1. Penggunaan bahan mineral zeolit sebagai bahan campuran media tanam.

- a. Penggunaan zeolit sebagai campuran media dengan tanah dan pupuk kandang untuk tanaman melon, dengan perlakuan Z_0 (media tanah : pupuk kandang 2:1), Z_1 (zeolit : tanah : pupuk kandang 2:2:1), Z_2 (6:2:1), Z_3 (8:1:1). Pada media ini, pupuk diberikan sesuai dengan dosis anjuran pada umumnya menunjukkan bahwa penggunaan campuran zeolit sampai 60% (Z_2) ternyata dapat meningkatkan bobot buah, ketebalan kulit buah, kekerasan daging buah dan padatan terlarut total, umur panen ternyata juga lebih cepat.
- b. Penggunaan zeolit sebagai campuran media tanam bayam cabut dengan perlakuan zeolit, kompos, dan arang serta pupuk nitrogen yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan zeolit, kompos dan urea lebih baik dibandingkan dengan campuran zeolit, arang, kompos dan urea. Pemberian pupuk nitrogen dalam bentuk urea lebih baik dibandingkan dengan ZA.

Tabel 1. Pengaruh Komposisi Media terhadap Umur Panen, Bobot Buah, Ketebalan Kulit Buah, Kekerasan Daging Buah dan Padatan Terlarut Total

Perlakuan	Umur Panen (HST)	Bobot Buah (g)	Ketebalan Kulit Buah (mm)	Kekerasan Daging Buah (mm/dt)	Padatan Terlarut Total (%)
Z ₀	90	740.24	4.54	65.05	14.87
Z ₁	91	694.25	5.27	58.75	13.07
Z ₂	89	775.43	6.62	52.50	15.35
Z ₃	92	765.18	6.25	53.25	13.15

Sumber: Elly Rosyidah dan Astiana

Tabel 2. Pengaruh Perlakuan Media Terhadap Berat Bersih Tanaman Bayam

Perlakuan	Bobot Basah Tanaman (g)
A1 (3 l zeolit + 300 ml kompos + ZA)	220.05
A2 (3 l zeolit + 300 ml kompos + urea)	222.25
B1 (3 l zeolit + 300 ml kompos + 300 ml arang + ZA)	177.95
B2 (3 l zeolit + 300 ml kompos + 300 ml arang + urea)	189.40

Sumber: Eli S, Panjaitan dan Astiana

2.2. Penggunaan Bahan Mineral Zeolit sebagai Campuran Pupuk Zeolit-Urea Tablet

Percobaan pemberian berbagai macam bentuk dan takaran pupuk nitrogen dilakukan pada tanah Alluvial Indramayu, dan Karawang, tanah Latosol Subang dan Grumusol Cianjur. Bentuk dan jenis pupuk adalah urea prill, urea tablet, zeolit-urea tablet (10% zeolit), zeolit-urea tablet (20% zeolit) dan zeolit-urea tablet (40% zeolit). Takaran nitrogen yang diberikan berkisar dari 54 kg N/ha sampai tertinggi 112,5 kg N/ha. Hasil percobaan menunjukkan penggunaan pupuk zeolit-urea tablet memberikan hasil produksi gabah kering tanaman padi IR-64 rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian urea tablet ataupun prill pada keempat macam tanah tersebut diatas.

Hasil produksi padi tertinggi pada percobaan diperoleh pada aplikasi pupuk zeolit-urea tablet (20/80) sebanyak 200 kg/ha (72 kg N/ha) pada tanah Grumusol Cianjur, yaitu sebesar 9,36 ton gabah kering panen per hektar, pemberian pupuk zeolit urea (20/80) pada tanah Latosol Subang sebanyak 200 kg/ha hasilnya yaitu 8,48 ton/ha, pemberian pupuk zeolit urea (20/80) pada tanah aluvial Indramayu sebanyak 200 kg/ha hasilnya yaitu 8,18 ton/ha, dan pemberian pupuk zeolit urea (10/90) pada tanah Aluvial

Karawang 200 Kg/ha hasilnya sebesar 7,08 ton/ha.

Berdasarkan data-data dari hasil keseluruhan percobaan dan peningkatan hasil produksi yang diperoleh, maka aplikasi pupuk tablet urea ataupun prill. Takaran yang menguntungkan adalah dengan pemberian tablet urea zeolit (10/90) sampai (20/80) sebanyak 150 kg/ha dimana takaran N berkisar antara 60-75 kg, atau 200 kg/ha dengan kandungan N antara 72-81 kg tergantung dari jenis tanahnya. Tanah yang kurang subur membutuhkan takaran pemberian pupuk yang lebih tinggi, Efisiensi penggunaan nitrogen tertinggi pada substitusi zeolit sebesar 40 persen, baik pada takaran 150 kg/ha (40,5 kg N) ataupun 200 kg/ha (54 kg N) yang menunjukkan bahwa penambahan zeolit akan dapat meningkatkan kandungan nitrogen lebih tinggi.

Hasil dari lapangan secara keseluruhan terlihat penggunaan tablet zeolit urea memberikan pengaruh yang positif terhadap peningkatan hasil padi. Kontribusi setiap kg nitrogen yang ditambahkan pada perlakuan tablet urea-zeolit memberikan respon yang lebih tinggi terhadap hasil gabah kering giling. Pada substitusi zeolit sebanyak 40% pada tanah Grumusol Cianjur dapat memberikan peningkatan hasil 59,77%, sedangkan pada Alluvial Indramayu substitusi 20 persen memberikan hasil yang tertinggi dengan peningkatan 48,86%.

3. Penggunaan Zeolit untuk Meningkatkan Kualitas Lingkungan dan Penjerapan Logam Berat

Masalah pencemaran lingkungan akhir-akhir ini menjadi isu penting yang memerlukan penanganan yang lebih serius, baik yang harus dilakukan oleh pemerintah maupun lembaga-lembaga dan individu. Pembuangan air ataupun hasil produk limbah industri di berbagai tempat telah mencemari lingkungan di sekitarnya dan telah mengakibatkan gangguan kesehatan. Unsur-unsur logam berat dalam limbah buangan industri seperti Cu, Zn, Pb, Ni, dan Cr diketahui dapat menyebabkan iritasi dan kelainan pada kulit serta merupakan unsur-unsur yang berbahaya sebagai penyebab penyakit kanker.

a. Pemanfaatan Limbah Lumpur dan Zeolit sebagai Media Tanam,

Limbah lumpur yang dihasilkan industri dan domestik, di satu pihak mempunyai kandungan hara esensial bagi tanaman sangat tinggi, tapi di lain pihak kandungan logam berbahaya juga cukup tinggi. Penelitian yang menggunakan limbah lumpur domestik dan industri (*sludge urban* dan *suburban*) sebagai pupuk pada tanaman gandum sebanyak 45 ton/ha telah meningkatkan produksi gandum lebih dari 300 persen namun ternyata kandungan logam berat Cd dan Zn dalam bibit gandum juga meningkat secara linier. Oleh karena itu pemanfaatan limbah lumpur tersebut perlu didahului dengan tindakan penetralan logam berat tersebut agar tidak terserap oleh tanaman. Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan penambahan bahan mineral zeolit sebagai bahan campuran media tanam ataupun pupuk, sehingga permasalahan di atas dapat dikurangi.

Hasil penelitian dengan menggunakan limbah lumpur PAM Pejompongan Jakarta dengan taraf 0 15 30, dan 45% limbah sebagai media dan dicampurkan zeolit dalam 3 taraf, yaitu 0, 10, dan 20%, dengan tanaman bayam sebagai indikator. Hasil yang diperoleh sebagai berikut: limbah lumpur PAM Pejompongan mempunyai sifat kesuburan kimia yang relatif tinggi, hal ini ditunjukkan ketersediaan unsur hara makro seperti N, P, K, Ca dan Mg, Namun demikian kandungan logam berat Cr, Cd,

Pb, Cu dan Zn relatif sangat tinggi bila dibandingkan dengan kandungan pada tanah normal. Hal tersebut disebabkan oleh kegiatan industri dan pemukiman di sekitar sungai Ciliwung.

Dari analisis logam berat pada tanaman menunjukkan bahwa kandungan logam berat meningkat dengan meningkatnya kandungan limbah lumpur. Pemberian zeolit pada media tanam ternyata berpengaruh pada kandungan Pb dan Cd, sedangkan logam Cr tidak terdeteksi. Pemberian zeolit pada taraf 20% menurunkan serapan Pb sebesar 40% dan Cd sebesar 30%.

Perbedaan efektivitas zeolit dalam menurunkan serapan logam berat diduga disebabkan oleh sifat selektivitas zeolit tersebut, sehingga interaksi hanya berpengaruh terhadap serapan logam Pb dan Cd. Hasil penelitian Semmens dan Sey Farth (1978), klinoptilolit mempunyai deret selektivitas bagi logam berat yaitu $Ba^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+}$. Deret tersebut menjelaskan bahwa kemampuan zeolit untuk menyerap Pb lebih besar dibandingkan Cd dan seterusnya. Dengan demikian, sebenarnya limbah lumpur PAM dapat dimanfaatkan untuk produksi pertanian perkotaan dengan cara menetralisasi logam beratnya terlebih dahulu. Dari hasil penelitian ini juga memberikan indikasi bahwa sayuran yang ditanam pada pinggir sungai ataupun pembuangan sampah cenderung mempunyai kandungan logam berat yang tinggi.

b. Penggunaan Zeolit Sebagai Penjerap Kation Cu, Zn, Ni dan Cr dari Limbah Cair Pelapisan Logam

Limbah cair pelapisan logam umumnya banyak mengandung kation-kation logam berat Cu, Zn, Ni, dan Cr yang mempunyai sifat yang sangat beracun dan dapat mencemari rantai makanan makhluk hidup disekitarnya. Oleh sebab itu limbah air yang akan dilepaskan ke badan air harus diolah terlebih dahulu agar dapat memenuhi persyaratan baku mutu air yang telah ditetapkan. Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam umumnya dilakukan dengan proses reduksi dan pengendapan yang kemudian dilanjutkan penukaran kation.

Penelitian penjerapan kation logam berat ini dilakukan dengan mengalirkan larutan yang mengandung masing-masing logam berat Cu, Zn, Ni, dan Cr ke dalam suatu kolom zeolit dengan kecepatan alir yang telah ditentukan yaitu 3, 4, 6, 8, dan 17ml/menit, dan kemudian ditetapkan jumlah unsur yang terkandung dalam filtratnya. Hal yang sama dilakukan pula untuk larutan campuran dari ke empat unsur tersebut. Ukuran butiran zeolit yang dipergunakan ada dua macam, yaitu -10+28 mesh dan -28+45 mesh.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit dengan ukuran -28+45 mesh mempunyai kecenderungan pejerapan yang lebih besar, sedangkan kecepatan alir lebih tampak pengaruhnya pada ukuran zeolit yang lebih kasar. Kecepatan alir yang lebih lambat akan menghasilkan penjerapan yang lebih besar.

Kation Cu, Zn, dan Ni dapat terjerap hampir 99%, sedangkan Cr berkisar antara 78-80%. Pola yang sama dijumpai pada larutan campuran bahwa Cu, Zn, dan Ni terjerap dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan Cr, yang mempunyai valensi yang tinggi sehingga sulit menggantikan kedudukan kation-kation lain yang terdapat pada zeolit.

KESIMPULAN

1. Bahan mineral zeolit mempunyai potensi yang cukup besar untuk meningkatkan efiseinsi pemupukan unsur nitrogen dan secara tidak langsung akan meningkatkan produksi tanaman dan mengurangi pencemaran lingkungan.
2. Penggunaan zeolit sebagai bahan campuran media tanam akan dapat meningkatkan bobot buah melon serta mempercepat umur panen, dan berat basah tanaman bayam.
3. Pemberian pupuk zeolit-urea tablet (20/80) sebanyak 200 kg/ha dengan takaran N sebanyak 72 kg merupakan dosis yang menguntungkan telah menghasilkan produksi padi IR-64 sekitar 7-8 ton/ha pada empat macam tanah, yaitu: Aluvial Kerawang dan Indramayu, latosol Subang, dan Grumosol Cianjur.
4. Pemanfaatan campuran limbah lumpur dengan bahan mineral zeolit sebagai media tumbuh tanaman dapat

dimungkinkan, karena zeolit mempunyai kemampuan penjerapan terhadap logam berat terutama Pb dan Cd.

5. Bahan mineral zeolit mempunyai potensi dipergunakan dalam pengolahan limbah cair industri pelapisan logam. Kation Cu, Zn, dan Ni terjerap hampir 99%, sedangkan untuk unsur Cr 80%, Kehalusan ukuran zeolit mempengaruhi tingkat penjerapan dan kecepatan alir yang lebih lambat akan meningkatkan penjerapannya.

PUSTAKA

1. Barbarick, K.A. and Pirela, H.J. 1984. Agronomic and horticultural uses of natural zeolites: a review. p. 93-103. *In* Zeo-Agriculture and aquaculture (Pond, W.G. and Mumpton, F.A., eds.). Westview Press, Boulder, Colorado.
2. Goto, I and M, Ninaki, 1979, *Studies on Agriculture Utilization of Natural Zeolites as Soil Conditioners*.
3. Mumpton, E,A 1984, "The Role of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture", *In* W,G Pond and E,A, Mumpton (ed) *Zeo-Agriculture* Boulder: West View Press.